

УДК 621.385.6

ИССЛЕДОВАНИЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Волкенштейн С.С.

ОАО «Планар»

Минск, Республика Беларусь

В концепцию технологии надежности входят понятия бездефектности, воспроизводимости, стабильности и устойчивости готовых изделий. Понятие «бездефектность» в данном контексте подразумевает отсутствие скрытых дефектов надежности, не влияющих на качество изделий, но вызывающих отказ при их эксплуатации или хранении. Данная концепция и её информационная программа базируются на оснащении предприятий мощной диагностической базой и на развитии методов и средств неразрушающей диагностики.

Одним из важнейших методов неразрушающей диагностики является интерферометрия, позволяющая анализировать надмолекулярную структуру изделий с качественной и интегрированной количественной оценками их напряженно-деформированного состояния по виду интерферограмм с учетом характера кривизны поверхности.

Возникновение остаточных внутренних напряжений, приводящих к объемной деформации изделий, искажающей профиль их поверхности и регистрируемой на лазерных интерферограммах, обусловлено особенностями технологии производства. Цифровая обработка интерферограммы позволяет построить матрицу деформации с последующим представлением профиля деформированного изделия в трехмерном пространстве.

При равномерном распределении остаточных внутренних механических (ОВМ) напряжений в изделии интерферограмма имеет вид симметричных концентрично расположенных колец. Всякий внутренний дефект в изделии или неравномерное распределение ОВМ напряжений приводят к образованию асимметричных интерференционных полос с увеличением плотности их распределения в зоне с повышенной деформацией и наоборот. Сопоставив результаты анализа интерферограмм дооперационного и послеоперационного напряженно-деформированного состояний (НДС) изделия, можно оптимизировать режим выбранного технологического процесса и по достижении минимального уровня механических напряжений обеспечить качественную обработку изделия, что гарантирует воспроизводимость технологических режимов, стабильность технических параметров изделия и его высокую эксплуатационную надежность. Данный метод также позволяет в ходе проведения ускоренных циклов испытаний анализи-

ровать динамику изменения напряженного состояния монтажной конструкции вследствие развития деградиционных процессов вплоть до появления катастрофических отказов, что, в свою очередь, даёт возможность прогнозировать эксплуатационную надёжность исследуемых изделий.

Методом лазерной интерферометрии были исследованы надмолекулярные структуры подвижных элементов (створок) искусственных клапанов сердца (ИКС). Объектами исследования являлись: одна углеситалловая створка ИКС после финишной обработки (рис. 1) и один ИКС б/у в сборе с двумя пиролитическими углеродными створками (рис. 2).



Рисунок 1 – Внешний вид углеситалловой створки ИКС



Рисунок 2 – Внешний вид ИКС б/у в сборе с двумя пиролитическими углеродными створками

Поскольку рабочее поле лазерного микроинтерферометра составляет 15×15 мм, то на интерферограммах представлены центральные фрагменты исследуемых створок (рис. 3, 4).

На интерферограмме центральной части углеситалловой створки ИКС (рис. 3) зарегистрировано седлообразное искривление поверхности. Это свидетельствует, что на данную область образца воздействуют ОВН как сжатия (по горизонтали), так и растяжения (по вертикали). Максимальная стрела прогиба порядка 2,5 мкм, оценочное значение напряжения растяжения составляет порядка -50 МПа, сжатия – +50 МПа. Предел прочности углеситаллов при растяжении, изгибе и сжатии составляет 100, 300 и 500 МПа соответственно.

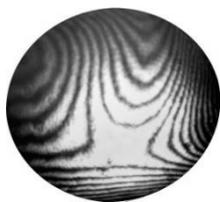


Рисунок 3 – Лазерная микроинтерферограмма центральной части углеситалловой створки ИКС

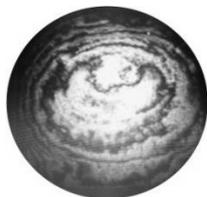


Рисунок 4 – Лазерная микроинтерферограмма центральной части пиролитической углеродной створки ИКС б/у

Растягивающие напряжения, особенно в кристаллических материалах, создают концентраторы напряжений в области дефектов, что чревато возникновением сверхкритических напряжений на фоне небольших растягивающих усилий. Расчёт коэффициентов концентрации напряжений, перпендикулярных плоскости трещины (параллельно приложенной растягивающей силе) длиной 2 мкм с радиусом кончика, равным 1 Å, показал, что максимальная величина концентрации напряжения может достигать величины 200. Это говорит о том, что при появлении даже минимальных внутренних механических напряжений растяжения ($\geq 0,45$ МПа) в области дефектов в кремнии возникают сверхкритические растягивающие напряжения разрушения (≥ 90 МПа) ухудшающие эксплуатационную надёжность изделий, а зачастую несовместимые с их функционированием. Углеситалл является материалом с конденсационно-кристаллизационной структурой. Установлено, что при концентраторах напряжений с радиусами менее 0,15 мм углеситалл крайне чувствителен к концентрации напряжений. Это подтверждает, что углеситалл относится к хрупким материалам.

УДК 621.385.6

ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Волкенштейн С.С.

ОАО «Планар»

Минск, Республика Беларусь

Современные высокоскоростные видеосистемы, способные производить съёмку со скоростью до сотен тысяч кадров в секунду, открывают новые уникальные возможности в исследовании быстропротекающих процессов.

Аппаратно-программные комплексы цифровой видеорегистрации быстропротекающих про-

На интерферограмме центральной части пиролитической углеродной створки ИКС б/у (рис. 4) интерференционные полосы имеют вид симметричных концентрично расположенных колец с ровными краями, что говорит о промежуточном упорядочении ($0 < \gamma < 1$). В этом случае предполагается, что графитоподобные кристаллиты располагаются в неупорядоченной матрице – «пачечно-бахромчатая» модель. В данном случае на образец воздействуют равномерные ОВН сжатия порядка +20 МПа.

На основании интерферограммы (рис. 4) был создан профиль деформированного изделия в трехмерном пространстве (рис. 5).

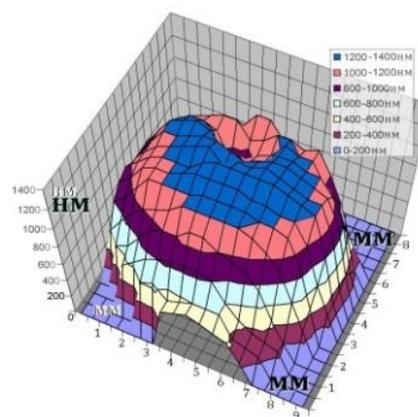


Рисунок 5 – 3D модель поверхности фрагмента центральной части пиролитической углеродной створки ИКС б/у

При внимательном рассмотрении, на вершине «купола» пространственной модели (рис. 5) можно заметить скол в виде кратера диаметром $\sim 3 \div 4$ мм, максимальной глубиной ~ 500 нм. Очевидно, что причиной откалывания верхнего слоя является многоуровневый характер надмолекулярной организации пирографита (изогнутые графитоподобные ленты со слабым трехмерным упорядочением, гранульные структурные элементы из упакованных лент, промежуточное состояние, связанное с разбиением гранул на блоки, слои гранул), а также ударные нагрузки в процессе длительной эксплуатации.

цессов сегодня применяются в точном электронном машиностроении при создании высокопроизводительного автоматического оборудования для сборки изделий микроэлектроники, в частности, в научных исследованиях и инжиниринге при разработке высокоскоростных прецизионных устройств – систем перемещения и позициони-